

Mapeamento de Áreas de Preservação Permanentes em topos de morros para a Amazônia Legal usando metodologia apropriada a grande volume de dados

Marcos Cicarini Hott¹
Daniel Castro Victoria²
Evaristo Eduardo de Miranda³
Osvaldo Tadatomo Oshiro⁴

Introdução

O Código Florestal (Lei 4.771 de 1965) (BRASIL, 1965) dispõe, em seu artigo 2º, sobre as Áreas de Preservação Permanente (APPs) em topos de morros, montes, montanhas e serras, na qual é vedada utilização e conseqüente remoção de suas coberturas vegetais originais. A aplicação da “Lei do Topo de Morro”, como é conhecido o dispositivo da Resolução do Conama Nº 303 de 20 de março de 2002 que trata de tal tema, tem causado divergência nos campos jurídico e técnico, permeando a noção de feições geométricas euclidianas e senso comum. Existe uma visível dificuldade em materializar, em termos de mapeamento, as áreas de preservação permanente em topos de morro e montanhas, uma vez que a lei privilegia o reconhecimento em campo (HOTT et al., 2004).

Todavia, considerando um país de dimensões continentais como o Brasil, bem como a Amazônia Legal com uma enorme área territorial, torna-se

importante a caracterização dessas potenciais áreas de preservação permanente em mapas para a orientação das ações em campo, sejam de âmbito regional ou estadual. No entanto, a delimitação dessas áreas por meio de métodos analógicos, incluindo a interpretação visual, pode conduzir em subjetividade e está condicionada à experiência do analista.

Neste contexto, por meio da utilização de produtos de sensoriamento remoto orbital e de técnicas de geoprocessamento, observou-se a necessidade da aplicação de um novo método para a determinação automática dessas áreas de preservação permanente em topos de morros e montanhas em grandes regiões territoriais. Os dados de sensoriamento remoto orbital atendem à necessidade de informação em diversas escalas, representando um meio viável de monitoramento da superfície terrestre por meio de satélites e seus sensores, e vem servindo de fonte de informações para estudos e levantamentos geológicos, agrícolas, cartográficos, florestais, urbanos, entre outros.

¹ Engenheiro Florestal, M.Sc. – Pesquisador da Embrapa Gado de Leite – hott@cnppl.embrapa.br

² Engenheiro Agrônomo, D.Sc. – Pesquisador da Embrapa Monitoramento por Satélite – daniel@cnpm.embrapa.br

³ Engenheiro Agrônomo, D.Sc. – Pesquisador da Embrapa Monitoramento por Satélite – mir@cnpm.embrapa.br

⁴ Engenheiro Eletrônico, D.Sc. – Pesquisador da Embrapa Monitoramento por Satélite – osvaldo@cnpm.embrapa.br

Com o advento do levantamento por radar sub-orbital SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) foi possível, após a devida correção, utilizar suas informações digitais modeladas no formato matricial para a delimitação de APPs em topos de morros para a Amazônia Legal (AL), conforme a legislação, independente da sobreposição com outros uso-coberturas da terra, configurando-se num modelo de APPs para esta região econômico-administrativa.

Contudo, o volume de dados a ser processado demandou a elaboração de uma metodologia que permita a execução do mapeamento das APPs, tendo em vista que os recursos computacionais disponíveis não possuíam a capacidade de processar o arquivo *raster* ou matriz em sua totalidade.

Metodologia

Para a geração das APP's em topos de morros para a AL foram utilizados Sistema de Informações Geográficas (SIG) ArcGIS (ESRI, 2004) e um modelo digital de elevação (MDE) SRTM como fonte de dados altimétricos (MIRANDA, 2008), com aproximadamente 90 m de resolução espacial para toda a área de estudo, equivalente a 334 cartas no formato 1:250.000 do IBGE. O MDE, oriundo da missão de mapeamento do relevo terrestre SRTM, desenvolvido pela Nasa (Agência Espacial e Aeronáutica) e NGA (Agência Nacional de Inteligência Geoespacial) dos Estados Unidos, foi produzido por interferometria na banda X e C, no ano 2000. O MDE fornece uma confiabilidade vertical de 90% e pode ser utilizado até na escala de 1:250.000. Devido à sua escala compatível algumas elevações representadas no relevo por pixels ou células serão excluídas em uma classificação de morros ou montanhas na etapa de mapeamento, pois podem não ser bem representadas pelo modelo em virtude de suas dimensões.

Legislação

A aplicação da legislação demanda a compreensão de seus dispositivos. Primeiramente, algumas definições constantes na Resolução N° 303 do Conama são relevantes para a aplicação do método em geoprocessamento. São as definições do Art. 2° da resolução (BRASIL, 2002):

IV – morro: elevação do terreno com cota do topo em relação a base entre cinquenta e trezentos metros e encostas com declividade superior

a trinta por cento (aproximadamente dezessete graus) na linha de maior declividade;

V - montanha: elevação do terreno com cota do topo em relação a base superior a trezentos metros;

VI - base de morro ou montanha: plano horizontal definido por planície ou superfície de lençol d'água adjacente ou, nos relevos ondulados, pela cota da depressão mais baixa ao seu redor;

Para a determinação das APPs em topo de morros, observou-se o Art. 3° da resolução:

V - no topo de morros e montanhas, em áreas delimitadas a partir da curva de nível correspondente a dois terços da altura mínima da elevação em relação a base;

Parágrafo único. Na ocorrência de dois ou mais morros ou montanhas cujos cumes estejam separados entre si por distâncias inferiores a quinhentos metros, a Área de Preservação Permanente abrangerá o conjunto de morros ou montanhas, delimitada a partir da curva de nível correspondente a dois terços da altura em relação à base do morro ou montanha de menor altura do conjunto, aplicando-se o que segue:

I - agrupam-se os morros ou montanhas cuja proximidade seja de até quinhentos metros entre seus topos;

II - identifica-se o menor morro ou montanha;

III - traça-se uma linha na curva de nível correspondente a dois terços deste; e

IV - considera-se de preservação permanente toda a área acima deste nível.

De forma visual conseguimos distinguir ou individualizar elevações na paisagem, sejam elas morros ou montanhas. Instintivamente, a observação de cumes, vales ou linhas de fratura existentes no relevo dá a caracterização da qual se necessita para que de forma subjetiva um modelo mental seja formado.

Estruturas naturais, geralmente, não são formadas dentro de um modelo euclidiano. A base do morro, por exemplo, não se configura por uma reta, pois apresenta irregularidade intrínseca. Dessa forma, considerando a geração de um modelo em escala

regional ou estadual de APPs em topos de morros, a base do morro não poderia, em sua grande maioria, se caracterizar por uma planície perfeita, nem tampouco por meio de curso ou lençol d'água adjacentes usando mapas.

A utilização de hidrografia mapeada por um método computacional demandaria atualizações onerosas, e na escala considerada o tributário mais próximo a uma elevação se encontraria há quilômetros de distância.

Portanto, a base da elevação poderá ser determinada como a cota da depressão mais baixa ao redor da mesma, pois para quaisquer situações este ponto deverá ser encontrado após a delimitação do morro ou montanha.

Para a AL a resolução federal se aplica tal como descrito para as diversas situações constantes. E entendendo que o mapeamento das áreas potenciais para a conservação de topos de morros deva considerar áreas contíguas, a transposição do mecanismo de delimitação mental das feições para a geomática torna o resultado importante para nortear decisões em campo, pois trata a superfície terrestre com a generalização necessária para o estabelecimento de limiares morfométricos.

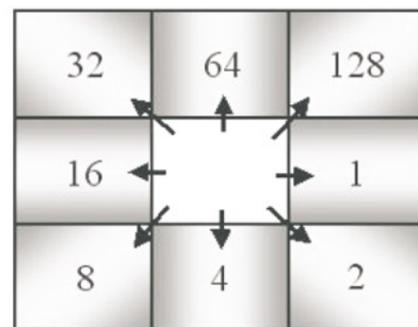
Por fim, a delimitação de APPs em linhas de cumeadas não fora abordada devido à conclusão que sem um critério estabelecido quanto à sua dimensão mínima se expõe toda a rede de cumeadas existentes ao julgo da resolução, o que no nosso entendimento inviabilizaria sua aplicação. Desta forma, entende-se que apenas cristas significativas do relevo e de notório interesse público deva ser objeto de análise, neste caso.

Topos de Morros à luz do Geoprocessamento

Dentro do que foi apresentado sobre a estrutura de morro ou montanha no mundo real e como percebemos sua delimitação, por meio de cumes e vales, no sistema digital o fluxo superficial originário de cada cume é utilizado para individualizar a elevação e definir sua base, bem como o seu terço superior.

Desta forma, uma rede de drenagem numérica é formada a partir de um MDE pelo fluxo superficial derivado do uso de um filtro que analisa o fluxo em

8 direções a partir de cada célula na matriz, sendo denominado de modelo D8, no qual a direção resultante numa vizinhança 3 x 3 é atribuída ao pixel central (Fig. 1). Assim, as conformações dessas direções materializam os vales existentes entre as elevações, delimitando-as e expressando as bases irregulares.



Modelo de fluxo D8

Fig. 1. Ilustração que demonstra como as direções de fluxo são representadas numericamente após sua determinação com o uso do MDE.

Retornando às controvérsias legais, a delimitação ou identificação de planícies ou planos ao redor das elevações, com o intuito de usá-los como base, declina na existência de vários planos, conduzindo à subjetividade e à dificuldade de individualizar uma elevação.

O uso do escoamento superficial como ferramenta para a delimitação de uma elevação, resolve a questão desta individualização do morro e do mapeamento do topo do morro e da base, considerando a elevação como uma superfície contínua, desprovida de "pontos de mínimo" em seu interior, mas delimitada por seqüências dos mesmos, formando linhas de fratura.

A base do morro se concretiza quando se determina a menor altitude presente na área mapeada da elevação, o que estaria de acordo com a legislação vigente.

Após a seleção de uma área que possa ser processada pelo computador, e a partir de uma seqüência de operações no SIG, iniciam-se as operações no ambiente do SIG com o MDE e produz-se ao final o mapeamento de APPs em topos de morros (Fig. 2).

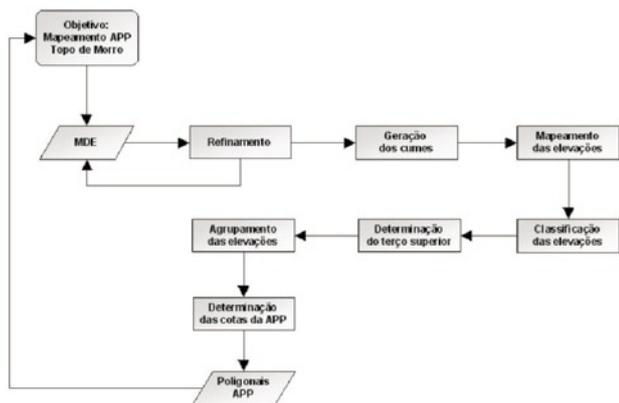


Fig. 2. Fluxograma das operações realizadas no SIG para a geração das APPs em topos de morros.

Uso dos Modelos Digitais de Elevação e metodologia de corte e mosaico

Foram usados modelos matriciais originários de interferometria para a AL, mediante refinamento. O processamento do MDE passou pela execução de projeção, e preenchimento numérico de depressões espúrias e valores nulos do MDE fornecidos pela FAO (*Food and Agriculture Organization - Organização das Nações Unidas para a Agricultura e Alimentação*). Desta forma, após projeção e recorte, os valores nulos existentes foram substituídos pelos dados fornecidos pela organização citada.

Inicialmente, foram selecionados os dados altimétricos derivados do SRTM, em formato matricial para a AL, com resolução espacial aproximada de 90 metros e projetado para a projeção Policônica, Datum SAD 69.

A resolução do MDE utilizado para a escala de 1:250.000, apesar de próxima do limite, não afetou os resultados, pois 90 m representa de modo adequado o relevo para esta escala, considerando que a AL contempla diversas cartas topográficas na escala referida e que o levantamento por radar seguido do processo de interferometria detecta detalhes diferentemente do modelo vetorial retratado por curvas de nível e interpolação.

Para a obtenção de APPs para esse grande volume de dados recortou-se a base em várias camadas com o objetivo de proporcionar o processamento dos dados frente à necessidade de delimitação das elevações, as quais são milhares. O recorte foi programado para ser realizado vislumbrando-se o mosaico ou junção do produto final. Portanto, uma área

de sobreposição foi estabelecida a partir da análise da elevação de maior área, ou seja, evitando-se que uma elevação fosse seccionada, subestimando os resultados.

Mapeamento de Áreas de Preservação em Topos de Morros

No mapeamento das APPs em topos de morros seguiram-se as disposições da resolução do Conama. Primeiramente, a que trata do terço superior a partir da curva de nível correspondente a dois terços da altura mínima da elevação em relação à base (Fig. 3).

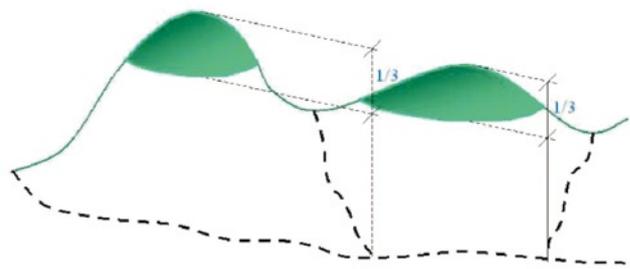


Fig. 3. Ilustração que apresenta a aplicação do terço superior a partir do uso do escoamento superficial para derivar o limite, o topo e a base da elevação.

Posteriormente, adotou-se os termos do agrupamento das elevações distas em menor que 500 m, considerando o terço superior a partir da curva de nível correspondente a dois terços da altura em relação à base do morro ou montanha de menor altura do conjunto (Fig. 4).

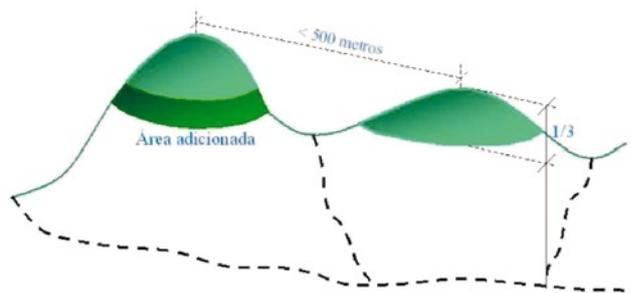


Fig. 4. Ilustração demonstrando o efeito do agrupamento de elevações com proximidade inferior a 500 m e a adoção do terço superior da menor elevação.

Utilizou-se a seqüência de operações no SIG apresentadas na seção anterior, e a partir do mapa vetorial de APPs em topos de morros realizou-se o cruzamento com os Estados contemplados pela AL, gerando-se as APPs para cada um.

Resultados

A partir das áreas calculadas para as APPs em topos de morros, estas poligonais geraram resultados para cada Estado. As APPs estão distribuídas nas regiões com o relevo mais movimentado, principalmente no bioma Amazônia, seguido do Cerrado (ver Fig. 5 e Tabela 1).

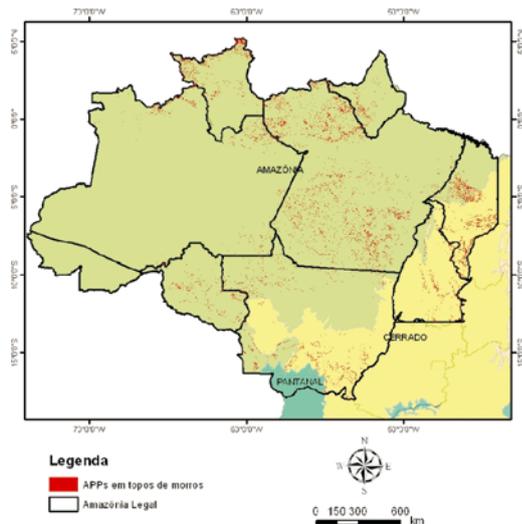


Fig. 5. Mapa de APPs em topos de morros, com os planos de informação de biomas e dos Estados que compreendem a AL, delimitados com poligonal vazada.

Tabela 1. APPs para os biomas contidos na AL.

Bioma	Área (km ²)	Topo de morro	
		(km ²)	%
Amazônia	4.240.605	98.768	2,33
Cerrado	761.355	30.210	3,97
Pantanal	61.468	562	0,91
Total	5.063.428	129.540	2,56

Na Tabela 2, a área territorial dos Estados na AL e respectiva APP em topo de morro, demonstrando que na realidade essas áreas de preservação ocupam uma pequena porção da Amazônia Legal, mas que podem ser significativas em Estados com atividade agropecuária intensa, tal como o Maranhão.

Os resultados em APP em topo de morro refletem as condições apresentadas pelas feições do relevo. Quanto mais movimentado ou acidentado é o relevo maior é o grau de delimitação, ou seja, de demanda de preservação, conforme a legislação.

O impacto resultante da aplicação da legislação vigente para APP em topo de morro sobre ativi-

dades agropecuárias, provavelmente é menor na AL que em outras regiões do Brasil, visto que as restrições ambientais nesta em termos de Reserva Legal e outras categorias de unidades de conservação já são enormes. Contudo, em alguns Estados a implantação dessas APPs ocasionam uma pressão significativa sobre empreendimentos de cunho agrário.

Tabela 2. APPs em topos de morros por Estado.

Estado	Área (km ²)	Topo de morro	
		(km ²)	%
Acre	158.754	143	0,09
Amapá	142.928	4.121	2,88
Amazonas	1.601.980	9.297	0,58
Maranhão	266.622	19.507	7,32
Mato Grosso	904.866	20.158	2,23
Pará	1.249.579	51.581	4,13
Rondônia	240.383	5.622	2,34
Roraima	226.043	11.662	5,16
Tocantins	272.273	7.448	2,74
Total	5.063.428	129.539	2,56

Ainda, a sobreposição do uso das terras com as áreas de preservação e conservação poderá fornecer a noção exata acerca da real influência ou alcance territorial da APP em topo de morro sobre a atividade rural, se aplicada conforme os resultados deste trabalho.

Conclusões

A determinação das APPs em topos de morros são um importante instrumento de adequabilidade legal das terras da AL, demonstrando parte do alcance territorial da legislação ambiental no Brasil. A nova metodologia empregada possibilitou a geração das Áreas de Preservação Permanente em topos de morros para grandes montantes de dados matriciais, por meio do processamento de camadas de dados para construção de um mosaico final.

O desenho final das APPs em topos de morros seguiu a distribuição das áreas com relevos mais movimentados ou íngremes, como pode ser observado a quase total inexistência no Acre e no bioma Pantanal.

Referências

BRASIL. Lei nº 4.771, de 15 de Setembro de 1965, que institui o novo Código Florestal. DF: Presidência da República, 1965. Disponível em: <<http://www.>

planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L4771.htm>. Acesso em 2 de dezembro de 2008.

BRASIL. Resolução Conama nº 303, de 20 de Março de 2002, dispõe sobre as áreas de preservação permanente. DF: Conselho Nacional de Meio Ambiente, 2002. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res02/res30302.html>>. Acesso em 2 de dezembro de 2008.

ESRI. **Geoprocessing in ArcGIS**. Redlands: Environmental Systems Research Institute, 2004. 368 p.

HOTT, M. C.; GUIMARÃES, M.; MIRANDA, E. E. de. **Método para determinação automática de Áreas de Preservação Permanente em topo de morros para o Estado de São Paulo, com base em geoprocessamento**. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2004. (Documentos nº 34).

MIRANDA, E. E. de (Coord.). **Brasil em Relevô**. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2005. Disponível em: <<http://www.relevobr.cnpem.br>>. Acesso em: 1º de maio de 2008.

Comunicado Técnico, 57

Exemplares desta edição podem ser adquiridos na:
Embrapa Gado de Leite
 Rua Eugênio do Nascimento, 610 – Bairro Dom Bosco – 36038-330 Juiz de Fora/MG
 Fone: (32) 3249-4700
 Fax: (32) 3249-4751
 E-mail: sac@cnpagl.embrapa.br

1ª edição
 1ª impressão (2008): 100 exemplares



Ministério da
 Agricultura, Pecuária
 e Abastecimento



Comitê de publicações

Presidente: Rui da Silva Verneque
Secretária-Executiva: Inês Maria Rodrigues
Membros: Alexandre Magno Brighenti dos Santos, Alziro Vasconcelos Carneiro, Carla Christine Lange, Carlos Renato Tavares de Castro, Francisco José da Silva Lédo, Juliana de Almeida Leite, Luiz Sérgio de Almeida Camargo, Marcelo Dias Muller, Marcelo Henrique Otênio, Marcos Cicarinni Hott, Maria Gabriela Campolina Diniz Peixoto, Marlice Teixeira Ribeiro, Sérgio Rustichelli Teixeira, Wadson Sebastião Duarte da Rocha.

Expediente

Supervisão editorial: Marcos Cicarini Hott
Tratamento das ilustrações: Leonardo Fonseca
Editoração eletrônica: Leonardo Fonseca